

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-332484

(P2001-332484A)

(43) 公開日 平成13年11月30日 (2001. 11. 30)

(51) Int.Cl.	識別記号	F I	ページ数 (参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 3 F 7/40	5 1 1 2 H 0 9 6
G 0 3 F 7/40	5 1 1	H 0 1 L 21/30	5 7 0 5 F 0 4 6

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-153385 (P2000-153385)

(22) 出願日 平成12年5月24日 (2000. 5. 24)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 河村 大輔

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 塩原 英志

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

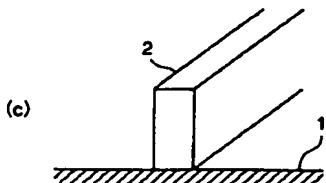
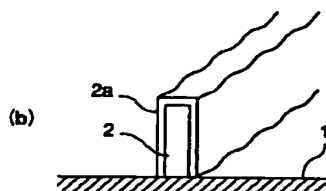
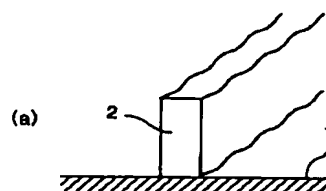
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パターン処理方法

(57) 【要約】

【課題】 パターン変形等を生じさせることなくエッジラフネスを改善することが可能なパターン処理方法を提供する。

【解決手段】 露光及び現像工程を経て形成されたレジストパターン2又は該レジストパターンを鋳型として形成された樹脂パターンからなる材料パターンのパターン処理方法であって、光照射によって材料パターンの表面領域を選択的に加熱して該表面領域を選択的にリフローする。



BEST AVAILABLE COPY

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 露光及び現像工程を経て形成されたレジストパターン又は該レジストパターンを鋳型として形成された樹脂パターンからなる材料パターンのパターン処理方法であって、

光照射によって前記材料パターンの表面領域を選択的に加熱して該表面領域を選択的にリフローすることを特徴とするパターン処理方法。

【請求項2】 前記光照射は、フラッシュランプからの光によって行われることを特徴とする請求項1に記載のパターン処理方法。

【請求項3】 前記光照射は、オン／オフ動作するシャッターのオン期間に該シャッターを通過する光によって行われることを特徴とする請求項1に記載のパターン処理方法。

【請求項4】 前記光照射の期間は、10ミリ秒以下であることを特徴とする請求項1に記載のパターン処理方法。

【請求項5】 前記光照射は、前記材料パターンを構成する材料の吸収係数が $1.2 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$ 以上となるような消費係数を有する波長の光によって行われることを特徴とする請求項1に記載のパターン処理方法。

【請求項6】 少なくとも前記選択的に加熱する処理の前に、前記材料パターンを冷却する処理を行うことを特徴とする請求項1に記載のパターン処理方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、パターン処理方法、特に半導体装置の製造工程において用いられるレジストパターン等の処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 光リソグラフィによる露光波長以下の微細パターン形成においては、光強度コントラストの不足、レジスト材料の不均一性などによって、レジストパターンのエッジラフネスが問題となりつつある。レジストパターンのエッジラフネスは被加工層へ転写され、局所的な寸法ばらつきや埋め込み工程における不都合を生じる。

【0003】 従来、エッジラフネスの低減はレジスト材料の改善によって行われてきたが、パターンが微細化されるにしたがい、レジスト材料の改善だけでは、高解像性やエッジラフネスの低減といった要求を全て満足させることは困難になってきている。

【0004】 また、エッジラフネスの改善については、加熱によるリフロー技術の利用も考えられる。しかしながら、ホットプレート等を用いた加熱では、加熱温度を高くすると、レジストの流動性が増してパターン全体がリフローを起こし、パターン変形が著しくなってしまう。

【0005】 また、レジストパターンのR I E耐性を向

2

上させる観点から、UVキュアを行うという技術も知られている（例えば、特公平4-78982号公報等）。しかしながら、この技術は、レジストパターンがリフローによって変形しないように、30秒～1分程度U.V光を照射してレジストパターンを加熱するものであり、リフローが生じる温度まで加熱した場合には、加熱が緩やかであるゆえにパターン全体がリフローを起こし、パターン変形が著しくなってしまう。

【0006】 また、アッシング技術によってもエッジラフネスの改善は可能であるが、パターン寸法（ライン幅）が細くなる。ライン・アンド・スペースやスリット等のパターンにおいて、上記パターン寸法の細り量を見込んでラインを太めに仕上げる場合には、大幅な露光マージの低下を生じる。また、アッシングは真空装置内で行われるため、スループットが低下するという問題もある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 このように、パターンが微細化されるにしたがって、レジストパターンのエッジラフネスが問題となりつつある。しかしながら、従来の手法では、解像性の低下やパターン変形等を生じさせることなく、エッジラフネスを改善することは困難であった。

【0008】 本発明は上記従来の課題に対してなされたものであり、パターン変形等を生じさせることなくエッジラフネスを改善することが可能なパターン処理方法を提供することを目的としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明に係るパターン処理方法は、露光及び現像工程を経て形成されたレジストパターン又は該レジストパターンを鋳型として形成された樹脂パターンからなる材料パターンのパターン処理方法であって、光照射によって前記材料パターンの表面領域を選択的に加熱して該表面領域を選択的にリフローすることを特徴とする。

【0010】 本発明によれば、光照射によってレジストパターン等の表面領域を選択的に加熱することによって、レジストパターン等の表面領域を選択的にリフローするため、レジストパターン等の内部への熱伝導によって引き起こされるパターン全体のリフローを防止することができ、リフローによるパターン変形を抑制しつつエッジラフネスを改善することができる。

【0011】 レジストパターン等の表面領域を選択的に加熱するためには、短時間の光照射、好ましくは10ミリ秒以下の期間で光照射を行うようにする。短時間の光照射は、フラッシュランプからの光によって行うことが好ましいが、オン／オフ動作するシャッターのオン期間に該シャッターを通過する光によって行うようにしてもよい。

【0012】 レジストパターン等の表面領域を選択的に

加熱するためには、表面領域での照射光の吸収比率が大きくなるようにする。具体的には、レジストパターン等を構成する材料の吸収係数が $1.2 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$ 以上となるような消費係数を有する波長の光によって光照射を行うことが好ましい。

【0013】また、少なくとも選択的に加熱する処理の前（加熱処理前のみでもよいし、加熱処理前から加熱処理後までであってもよい）に、レジストパターン等を冷却する処理を行うと、レジストパターン等の表面領域と内部領域との温度差を高めることができ、レジストパターン等の表面領域をより選択的に加熱し易くすることができる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。

【0015】まず、本発明に係る実施形態の基本的概念について、図1に示した工程図を参照して説明する。

【0016】図1(a)は、シリコンウエハ等の半導体基板上に被加工物が形成された被加工基板1上に、レジストパターン2を形成した状態を示している。レジストパターンは、通常のリソグラフィ技術、すなわちレジスト膜の塗布、パターン露光、PEB（ポスト・エクスポージャ・ベーク）、現像等の各工程を経て形成したものである。図に示すように、レジストパターン2の表面には凹凸があり、エッジラフネスが良好とは言えない。

【0017】そこで、図1(a)の工程の後、エッジラフネスを改善するため、図1(b)に示すように、レジストパターン2の表面領域2aを選択的に加熱する。加熱処理には例えばフラッシュランプを用い、図2に示すように、フラッシュランプ3からの照射光4（パルス光）をレジストパターン2に照射する。この加熱処理により、レジストパターン2の表面領域2aが選択的にリフローし、図1(c)に示すように、エッジラフネスが改善されたレジストパターン2が得られる。加熱温度は、レジスト材料のガラス転移点温度以上とすることが望ましい。

【0018】加熱時間が長い場合には、レジストパターン2の内部まで加熱されてレジストパターン2全体がリフローし、図3に示すようにレジストパターン2全体がパターン変形してしまうが、フラッシュランプ3を用いることにより、ミリ秒オーダー（10ms以下）の加熱が可能であり、レジストパターン2の表面領域2aのみが選択的にリフローされて、レジストパターン2の矩形形状を維持したままエッジラフネスを改善することができる。

【0019】一般に、照射光の波長相当の範囲において均質な材料中では、光強度に比例して光が吸収される。そのため、表面領域の方が内部領域よりも単位体積当たりの光吸収量が多くなる。表面領域のみを効率よく加熱するためには、i線レジストやKrFレジストの場合、レジ

スト材料の吸収しやすい波長、一般的に200nm以下の短波長の紫外光を照射することが望ましい。

【0020】加熱光源のエネルギー密度が低い場合には、レジスト材料の熱伝導により、表面領域のみならず内部領域の温度も上昇する。そのため、短時間で加熱が終了するフラッシュランプの特性は望ましいものである。使用したフラッシュランプの1/2パルス幅は1.5ミリ秒であるが、パルス幅が10ms程度以下であっても同様の効果があると考えられる。

【0021】材料中における光の放射方向の微小距離dx間における光の吸収量dIは、

$$dI = \alpha I_0 \exp(-\alpha x) dx$$

と記述できる。I₀は材料表面での光強度、xは材料表面からの距離、αは吸収係数である。αが大きいほど材料表面における照射光の吸収比率が高くなり、内部ほど急激に温度が低下する。

【0022】L/S（ライン・アンド・スペース）パターンにおいては、アスペクト比（レジスト膜厚とライン寸法の比）が3程度である場合が多い。アスペクト比3のパターン下部に光を照射するとき、レジスト膜中の光路長はレジスト膜表面からの深さの10^{1/2}倍（約3.1倍）となる。

【0023】α = 1.2 × 10000 cm⁻¹のとき、レジスト表面からの光路長31nm、深さ10nmにおける照射光の吸収量は、最表面の95%となる。レジスト材料のガラスの転移点温度は、通常130~160℃である。α ≥ 1.2 × 10000 cm⁻¹であれば、室温25℃からレジスト表面を160℃まで加熱すると、最表面とその内側10nmの部分との間で5℃以上の温度差が生じるため、厚さ10nm程度の表面領域のみがリフローを起こすと考えられる。

【0024】なお、光照射若しくは光吸収による加熱によって、照射光に対する吸収係数が大きくなる材料が存在する。このような材料であれば、光照射前の吸収係数が、α = 1.2 × 10000 cm⁻¹より小さくても、本発明で期待する効果を得ることが可能である。

【0025】レジスト表面を加熱する効果は、α ≥ 1.2 × 10000 cm⁻¹の関係を満足する単色光に限らず、多色光であっても全ての波長において上記関係を満足すれば得ることができる。また、ブロード光であっても、発光波長の大半が上記関係を満足すればよい。その際、α ≥ 1.2 × 10000 cm⁻¹を満足する波長の強度が十分に強ければ、レジスト表面のみを選択的にリフローさせることは可能である。α < 1.2 × 10000 cm⁻¹の波長の光は、レジストの表面領域を選択的に加熱する効果は小さい。しかし、そもそも吸収係数が小さい光はレジスト中でほとんど吸収されないため、ブロード光における強度比率が十分に小さい場合には、表面領域を選択的に加熱する効果はあまり低下しない。

【0026】照射光源としては、上記αの関係を満足す

5

る短波長光であるとともに、高エネルギー密度かつ照射期間が10ms以下のものであることが望ましい。紫外光源としては、重水素発光管、固体レーザー、さらには放射光の連続スペクトルの利用も考えられる。機械式シャッターと併用とすることで、照射光のオン/オフ（通過/遮断）の制御を行うことが望ましく、フラッシュランプの場合と同様、10ms以下の期間で光照射を行うようにすることが望ましい。

【0027】加熱工程前にレジスト材料を冷却することにより、光照射による表面温度の温度上昇幅が大きくなる。そのため、必然的にレジストの表面領域と内部領域との温度差が大きくなり、レジスト表面のみをリフローすることが容易になる。図4は、レジスト表面からの光路長と温度との関係を示した図である。 $\alpha = 5 \times 1000 \text{ cm}^{-1}$ で室温（25℃）から160℃まで温度を上昇させた場合（a）、 $\alpha = 1.2 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$ で室温（25℃）から160℃まで温度を上昇させた場合（b）、 $\alpha = 1.2 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$ で液体窒素温度（-196℃）から160℃まで温度を上昇させた場合（c）を示している。この図に示すように、液体窒素温度から160℃まで加熱する場合（c）には、表面からの光路長31nm、深さ10nmでは147℃となり、表面との温度差は13℃にまで拡大する。

【0028】また、レジスト表面が非常に高温になっている場合、或いは照射光の吸収係数 α が小さくてレジスト内部との温度差が小さい場合には、熱伝導によってウエハ内部でもリフローが生じる可能性がある。これを防止するには、光照射による加熱工程終了後にも冷却を行うことが有効である。また、レジストパターン上部に対しては基板側からの冷却では冷却効率が悪い場合もあるため、加熱終了後の冷却はレジスト形成面側から行うことが有効である。その手段としては、冷却ガスの放出が考えられる。

【0029】なお、フラッシュランプ等の光照射以外に、レジスト表面への高温ガス（レジスト材料のガラス転移点温度より高温の気体が好ましい）の吹き付けも有効である。気体は単位体積あたりの熱容量は小さいが、高速で連続的に吹き付けることにより、レジスト表面へ与える熱容量の制御が可能であると考えられる。

【0030】また、レジストの表面領域のみを光照射により、レジスト材料の分解若しくは昇華温度、或いは雰囲気ガスとの反応温度以上に加熱することで、エッジラフネスとして観察される表面数nmのみを除去することも可能である。特に、雰囲気ガスに酸素或いはオゾンが含まれている場合には、アッシングと類似した効果が得られると考えられる。この場合、通常のアッシングとは異なり、必ずしも真空中で処理する必要がないため、減圧工程の省略によるスループット向上が見込める。

【0031】また、有機下層反射防止膜（BARC）を使用した場合には、その材質によっては付加的な効果が

6

期待できる。レジスト膜よりも有機BARCの方が、分解若しくは昇華温度が低い場合或いは雰囲気ガスと反応しやすい場合には、レジスト膜よりもBARC膜の方が膜厚の減少が大きくなる。一般に、RIEにおけるレジストとBARCの選択比はほぼ1であり、BARC加工時にはほぼ同じ膜厚分だけレジスト膜厚が減少する。したがって、RIE前にレジスト膜よりもBARC膜の方が膜厚の減少が大きいと、加工マスクとして使用できるレジスト膜厚が増加する。

【0032】また、レジストの表面領域のみを光照射により、レジスト材料の分解若しくは昇華温度、或いは雰囲気ガスとの反応温度以上に加熱する場合、例えば分解温度が250℃であるとする、表面と内部との温度差は図5に示したようになる。図5は、 $\alpha = 1.2 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$ で室温（25℃）から250℃まで温度を上昇させた場合（a）、 $\alpha = 1.2 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$ で液体窒素温度（-196℃）から250℃まで温度を上昇させた場合（b）を示している。図に示すように、（a）の場合には、表面からの光路長31nm、深さ10nmでは242℃であり、表面との温度差は8℃となる。（b）の場合には、表面からの光路長31nm、深さ10nmでは234℃であり、表面との温度差は16℃となり、冷却しない場合よりも温度差が拡大する。

【0033】なお、以上の説明はレジストパターンにおけるラフネス改善効果に関して述べたものであるが、レジストパターンを鋳型として反転パターンを得る場合、反転パターンに用いる材料が樹脂材料（例えば、ポリシロキ酸、フッ素ポリマー等）である場合には、鋳型として用いるレジストパターンを除去した後、上述した手法と同様の手法を反転パターンに対して適用することも可能である。

【0034】以下、本実施形態における具体的な実施例について説明する。

【0035】（実施例1）シリコンウエハ上にShipley社製反射防止膜AR5を60nm、KrF用化学増幅型ポジレジストを300nm形成した後に、KrF露光装置による露光を行い、さらにPEB及び現像を行ってレジストパターンを形成した。

【0036】形成されたエッジラフネスの大きい矩形的レジストパターンに対して、Xeガスを封入したフラッシュランプを用いて窒素雰囲気中で光を照射した。フラッシュランプとレジストパターンとの間の距離は20mmとした。フラッシュランプのコンデンサ容量は2070μF、インダクタンスは200μHである。フラッシュランプの1/2パルス幅は約1.5msである。印加電圧は、1.8kV、1.56kV、1.47kV、1.3kV及び1.0kVの5種類とした。それぞれの照射エネルギー密度は、20J/cm²、15J/cm²、13.3J/cm²、10J/cm²、6.2J/cm²である。フラッシュランプの分光データは図6に

示した通りである。

【0037】印加電圧1.56kV、1.47kV、1.3kVの条件において、130nmのL/Sパターンは矩形形状を維持したままエッジラフネスが低減した。このとき、パターン寸法の変化は約5nm以下であった。印加電圧1.8kVの条件ではリフローによるパターン変形が生じ、1.0kVの条件ではエッジラフネスは改善しなかった。

【0038】（実施例2）実施例1で示したXe封入のフラッシュランプに代えて、Kr、Ar或いはNe等のXeよりも短波長の発光スペクトルを持つガスを封入したフラッシュランプを使用してもよい。

【0039】レジスト表面での光強度を I_0 とし、媒質（レジスト）中における進行距離 x での光強度 I を、 $I = I_0 \exp(-\alpha x)$

と表したとき、減衰定数 α を吸収係数とする。波長 λ の消費係数が k のとき、

$$\alpha = 4\pi k / \lambda$$

であり、一般に短波長の方が α は大きくなる。

【0040】KrFレジストにおいて、波長248nmでは $k = 0.01$ 、 $\alpha = 5 \times 1000 \text{ cm}^{-1}$ 、波長200nmでは $k = 0.3$ 、 $\alpha = 1.9 \times 100000 \text{ cm}^{-1}$ となる。図4に示したように、 α が大きいほどレジストの表面と内部との温度差は大きくなる。レジスト表面に垂直に光を照射した場合、 $\alpha = 5 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$ 以上であれば、レジスト表面と10nm内側とでは5℃の温度差が生じる。

【0041】ウエハ上方から光を照射しても、レジスト側壁には斜め方向から光が照射される。L/Sパターンのアスペクト比が3のときには、レジスト膜中の光路長はレジスト表面からの深さの $10^{1/2}$ 倍（約3.1倍）である。表面から10nmの深さに達するのは光路長31nmである。 $\alpha = 1.2 \times 10000 \text{ cm}^{-1}$ であれば、前記入射角度において、表面と10nm内側との間には5℃の温度差が生じる。

【0042】（実施例3）実施例1の窒素雰囲気中に代えて、室温の窒素ガスを流しながらフラッシュランプの光を照射した。

【0043】実施例1と異なり、1.3kVではエッジラフネス改善の効果はみられなかった。また、印加電圧1.8kVではリフローによってレジストパターンの変形が生じていたが、窒素ガスが静止している状態で光照射を行った実施例1の場合と比べて、パターン変形が小さかった。

【0044】（実施例4）実施例1の窒素雰囲気中に代

えて、大気中でフラッシュランプを照射した。それ以外の条件は実施例1と同様である。

【0045】印加電圧1.8kVではリフローによるパターン変形が生じた。印加電圧1.56kV、1.47kV、1.3kV、1.0kVの条件では、130nmのL/Sパターンは、矩形形状を維持したままエッジラフネスが低減した。このときライン寸法は20~5nm細っていた。

【0046】また、エッジラフネス低減の効果に加えて、印加電圧1.3kV以上の条件では、チップ周辺部の大きなレジスト抜き部分において、下層反射防止膜AR5がほぼ完全に除去されていた。また、印加電圧1.56kVにおいては、130nmのL/Sの抜き部分のAR5の膜厚も約10nm減少していた。このときのライン部分のレジスト膜厚の減少は約5nmであった。

【0047】以上、本発明の実施形態を説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲内において種々変形して実施することが可能である。

【0048】

【発明の効果】本発明によれば、光照射によってレジストパターン等の表面領域を選択的に加熱して該表面領域を選択的にリフローすることにより、レジストパターン等の全体がリフローすることが防止され、パターン変形を抑制しつつエッジラフネスを改善することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係るパターン処理方法について、その概略を示した工程図。

【図2】本発明の実施形態における加熱処理の一例を模式的に示した図。

【図3】レジストパターン全体がリフローしてパターン変形した状態を示した図。

【図4】レジスト表面からの光路長と温度との関係を示した図。

【図5】レジスト表面からの光路長と温度との関係を示した図。

【図6】フラッシュランプの分光データについて示した図。

【符号の説明】

1…被加工基板

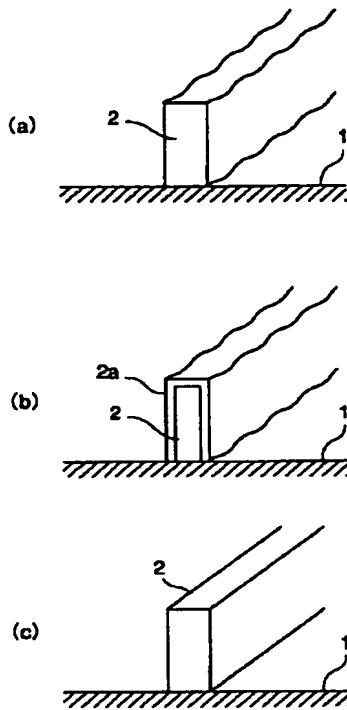
2…レジストパターン

2a…レジストパターンの表面領域

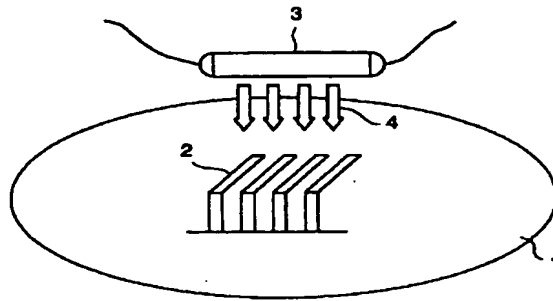
3…フラッシュランプ

4…照射光

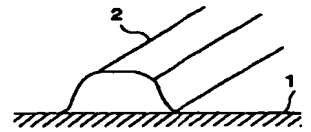
【図1】



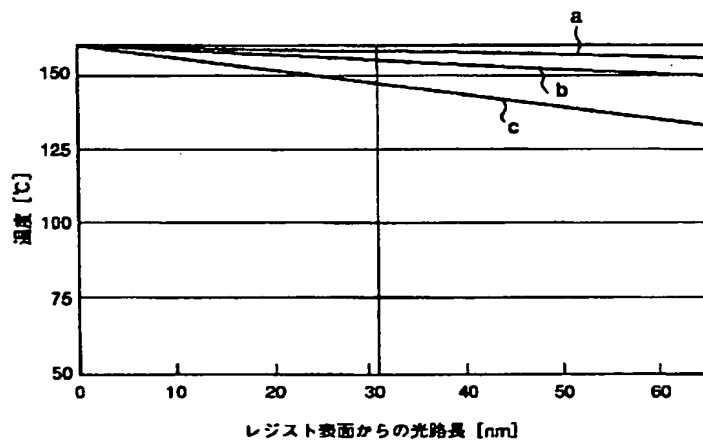
【図2】



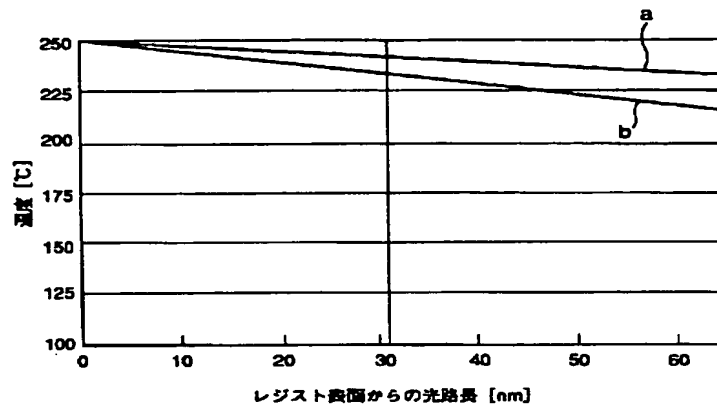
【図3】



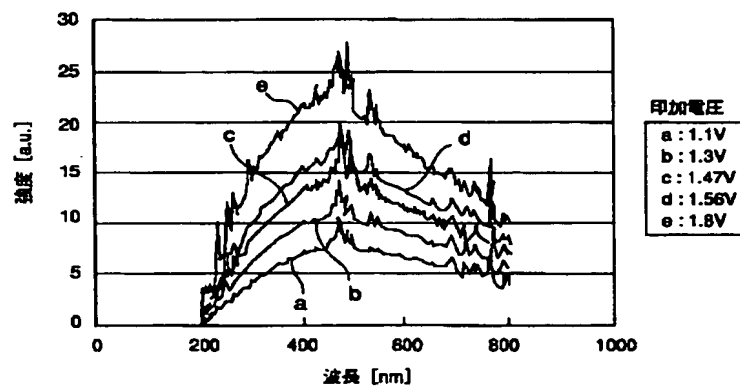
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 大西 廉伸
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株
式会社東芝横浜事業所内

(72)発明者 奥村 勝弥
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝マイクロエレクトロニクスセン
ター内

Fターム(参考) 2H096 AA25 HA01 HA03
5F046 AA28 CA02

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.